

Урок № 55-56

Тема уроку: Основні положення СТВ та їхні наслідки.

Мета уроку:

навчальна – розглянути принцип відносності Галілея й ознайомити учнів з постулатами Ейнштейна; усвідомлення учнями причин створення теорії відносності, пояснення її змісту, постулатів спеціальної теорії відносності Ейнштейна;

розвивальна – розвивати уяву, творчі здібності учнів, вдосконалювати вміння застосовувати набуті знання на практиці;

виховна – виховувати почуття відповідальності, взаємодопомоги, вміння виступати перед аудиторією.

Матеріал до уроку

СПЕЦІАЛЬНА ТЕОРІЯ ВІДНОСНОСТІ.

Проблеми між теорією електромагнетизму і класичною механікою вирішив А. Ейнштейн створивши у 1905 році спеціальну теорію відносності. У своїй роботі він запропонував повністю відмовитися від уявлень про ефір та про існування абсолютно нерухомої системи відліку. Свої висновки він сформулював у вигляді двох постулатів.

ПОСТУЛАТИ ТЕОРІЇ ВІДНОСНОСТІ.

Перший постулат – всі закони природи однакові у всіх інерціальних системах відліку;

Другий постулат - швидкість світла в вакуумі однакова у всіх інерціальних системах.

Спеціальна теорія відносності (СТВ) розглядає взаємозв'язок фізичних процесів, які відбуваються лише в інерціальних системах відліку.

Загальна теорія відносності (ЗТВ) описує взаємозв'язок фізичних процесів, які відбуваються в неінерціальних системах відліку.

ПЕРЕТВОРЕННЯ ЛОРЕНЦА

В 1904 році Лоренц для пояснення результатів досліду Майкельсона-Морлі запропонував перетворення, які пов'язують між собою координати та час в різних системах відліку. В двох системах, які рухаються відносно одна одної рівномірно і прямолінійно зі швидкістю v вздовж осі ОХ:

$$x' = \frac{x - Vt}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \frac{t - (V/c^2)x}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

Розвиток СТВ показав, що перетворення Лоренца відображають об'єктивні властивості простору і часу. Системи відліку є еквівалентними, тому

$$x = \frac{x' + Vt'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}, \quad y = y', \quad z = z', \quad t = \frac{t' + (V/c^2)x'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

Згідно з основними постулатами СТВ будь-який фізичний закон повинен задовольняти перетворення Лоренца, тобто при переході від однієї системи відліку до іншої вид закону повинен не змінюватися. Іншими словами, всі фізичні закони повинні бути інваріантними по відношенню до перетворень Лоренца. З перетворень видно, що при $v \geq c$ вони втрачають зміст. Це означає, що рух тіла зі швидкістю більшою ніж швидкість світла неможливий.

ВІДНОСНІТЬ ОДНОЧАСНОСТІ ПОДІЙ

Згідно з класичною механікою час єдиний у всіх системах відліку. Якщо ми задамо час, то можемо знайти безліч одночасних подій. В класичній механіці достатньо одного годинника, тому що час однаковий для всіх спостерігачів в інерціальних системах відліку. Єдине минуле, теперішнє, майбутнє існує для всіх можливих подій, де б вони не відбувалися та як спостерігалися.

Одночасність - не абсолютна характеристика явищ. Різні спостерігачі можуть мати різні уявлення про одночасність подій.

Якщо проміжок часу між подіями (спалахами зірок) менше часу, необхідного для поширення світла між ними, то порядок проходження подій залишається невідзначеним, що залежать від положення спостерігача.

Власний час - час, виміряний спостерігачем, що рухається разом з годинником.

При цьому відповідно до другого постулата СТВ рух світлового імпульсу має відбуватися зі швидкістю світла c , однаковою у всіх ІСВ.

Парадокс близнят — суперечлива на перший погляд задача з теорії відносності.

Парадокс близнят сформулював 1911 року Поль Ланжевен. Розв'язок опублікував 1918 року Альберт Ейнштейн.

Один із двох близнюків вирушає в космічну подорож до далекої зірки, рухаючись зі швидкістю, близькою до швидкості світла, а потім повертається. Завдяки тому, що час у пов'язаній із космічним кораблем системі відліку йде повільніше, ніж у системі, пов'язаній із Землею, то його брат постарів набагато більше, ніж він сам. Справді, час у системі корабля визначається формулою

$$\Delta t = \Delta t_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

де Δt — час у системі корабля, Δt_0 — час на Землі, v — швидкість руху корабля, c — швидкість світла. При час у системі корабля малий .

Теорія відносності робить висновки про те, що довжина будь-якого тіла зменшується в рухомій системі відліку в порівнянні з довжиною цього об'єкта в нерухомій системі. Якщо довжина тіла в нерухомій системі дорівнює l_0 , то його довжина в рухомій системі

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

де v — швидкість рухомої системи, c — швидкість світла. Це явище називається лоренцовим скороченням.

ЗАКОН ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ МАСИ І ЕНЕРГІЇ

Як з'ясував А. Ейнштейн, щоб закони Ньютона були інваріантними в усіх інерціальних системах відліку і відповідали положенням СТВ, слід переглянути деякі класичні уявлення про рух і взаємодію тіл. Зокрема, за допомогою математичних перетворень формули другого закону Ньютона він встановив, що маса тіла залежить від швидкості його руху:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (5.4)$$

де m — маса тіла, що рухається зі швидкістю v ; m_0 — маса тіла, яке перебуває в стані спокою; c — швидкість світла.

Згідно з другим принципом СТВ, не існує систем відліку, в яких би швидкість руху тіла перевищувала швидкість поширення світла у вакуумі

Масу m називають релятивістською масою, що залежить від швидкості; m_0 — масою спокою. Обидві величини характеризують інертні властивості тіла у різних станах: під час руху тіла або у спокої

А. Ейнштейн встановив співвідношення між масою і повною енергією тіла:

$$E = mc^2. \quad (5.6)$$

З урахуванням формули (5.4) одержимо:

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \quad (5.7)$$

Коли тіло перебуває у стані спокою, його енергія дорівнює $E_0 = m_0 c^2$, її називають енергією спокою

Повна енергія тіла дорівнює: $E_0 = m_0 c^2 + E_k$

Ця знаменита формула взаємозв'язку маси та енергії є універсальною стосовно будь-яких видів енергії.

Задача 1. Яку швидкість повинен мати електрон, щоб його маса стала вдвічі більшою за масу спокою?

$\frac{m}{m_0} = 2$ $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ $v = ?$	$\frac{m}{m_0} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 2.$ $\text{Звідси } v^2 = \frac{3}{4}c^2; \quad v = \frac{\sqrt{3}}{2}c = 0,87c = 2,6 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$
--	--

Задача 2. Зоряний корабель, який рухається зі швидкістю $v = 0,8c$, здійснив подорож $t_0 = 10$ років за годинником космонавтів. На скільки земляни будуть старші за космонавтів, якщо корабель повернеться на Землю?

<p>Дано:</p> $v = 0,8c$ $t_0 = 10 \text{ років}$ $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ $\Delta t = ?$	<p>Розв'язання:</p> <p>Δt — різниця часу між віком землян і космонавтів після їх повернення на Землю.</p> <p>$\Delta t = t - t_0$, де t - час між стартом корабля та його поверненням за годинником землян, а t_0 - час між стартом корабля та його поверненням за годинником космонавтів. t і t_0 пов'язані між собою формулою</p> $t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ $\Delta t = t_0 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right), \Delta t = 10 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{0,64c^2}{c^2}}} \right) = 6,7 (\text{років})$
--	---

Відповідь: 6,7 років

Узагальнення та систематизація знань

1. Чому не можна стверджувати, що події, які відбуваються одночасно в одній системі відліку, водночас відбуватимуться і в іншій?
2. Яка тривалість подій у різних інерціальних системах відліку?
3. Як впливає на вимірювання лінійних розмірів тіла рух системи, в якій відбувається вимірювання?
4. Що називають власним часом і власною довжиною?

Підведення підсумків уроку.

Отже, на сьогоднішньому уроці ми з вами розглянули тему, яку? «Основні положення СТВ та їхні наслідки».

Домашнє завдання

Написати конспект у зошит. Опрацювати додатково параграф №20,21. Виконати вправи:

1. У ракеті, що рухається відносно Землі зі швидкістю $0,8c$, минуло 2 роки. Скільки часу пройшло за обчисленнями спостерігача на Землі?
2. Довжина стрижня відносно нерухомого спостерігача на Землі — 2 м. Якою є власна довжина цього стрижня, якщо він рухається зі швидкістю $0,6c$?
3. У скільки разів уповільнюється час у ракеті, яка рухається відносно Землі зі швидкістю $2,6 \cdot 10^8$ м/с?

Зворотній зв'язок

Viber 0662728430

E-mail partitskiy.dmitro@kmrf.kiev.ua

!!!! у повідомленні з д/з не забуваємо вказувати прізвище, групу і дату уроку